УДК 520.662 : 523.4

**Перспективный прибор «Космический гамма-спектрометр с мечеными заряженными частицами» (КГС-МЗЧ) для изучения Луны, Марса и других небесных тел Солнечной системы методами ядерной физики**

*А. А. Иванов*1, *В. Н. Петров*2

1. Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН), Москва, Россия

2. Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), Дубна, Россия

Предложена новая концепция космического гамма-спектрометра для исследования элементного состава планетарной почвы, в который входит детектор заряженных частиц галактических космических лучей. Представлены первые результаты лабораторных испытаний макета перспективного гамма-спектрометра на фазотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Экспериментально подтверждён факт значительного повышения чувствительности прибора для регистрации гамма-линий основных породообразующих элементов небесных тел в случае отбора сигналов спектрометра по критерию совпадения с протонами, которые вызывают вторичное гамма-излучение в мишени — аналоге планетного вещества.

*Ключевые слова:* гамма-лучи, космические лучи, ядерные линии, химический состав планетного вещества, планеты, Луна, космические исследования

Иванов Артём Александрович — электроник, аспирант, a.anikin@np.cosmos.ru

Петров Валерий Николаевич — зам. директора, канд. физ.-мат. наук

Основная идея эксперимента с прибором «Космический гамма-спектрометр с мечеными заряженными частицами» (КГС-МЗЧ) состоит в том, чтобы для каждого фотона, регистрируемого в детекторе гамма лучей (ДГЛ) и детекторе заряженных частиц (ДЗЧ), записывать время с точностью до наносекунд. Получивший массив данных из фотонных слов подвергается математической обработке, в результате которой происходит отождествление фотонов от ДЗЧ с фотонами ДГЛ, что соответствует реакции грунта на галактическое излучение в определённом объёме вещества из фиксированного телесного угла небесной сферы непосредственно под ДГЛ (рис. 1).

**Рис. 1.** Схема эксперимента на борту посадочного космического аппарата

Таблица 1. Тепловые характеристики околоземной орбиты (500 км)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Источник излучения** | **Горячая фаза, Вт·м–2** | **Холодная фаза, Вт·м–2** |
| Прямое солнечное излучение | 1367 | 0 |
| Альбедо (среднее 0,3) | 410 | 0 |
| Собственное излучение планеты | 237 | 237 |

Как было отмечено, температура КА зависит от баланса между теплом, полученным от внутренних и внешних источников, и теплом, излучаемым в космос. Из обобщённого уравнения теплового баланса для сохранения энергии:

 (3)

 (4)

где *Q*солн — тепловой поток от Солнца; *Q*альб — тепловой поток альбедо; *Q*пл — тепловой поток от Земли; *Q*внутр — тепловой поток внутренних источников КА; *Q*изл — тепловой поток, излучаемый КА в космос.

**Литература**

*Митрофанов И.Г., Головин Д.В., Никифоров С.Ю.* et al. Результаты экспериментальной верификации гамма-спектрометра с мечеными заряженными частицами на протонном пучке ускорителя ОИЯИ // Письма о физике элементарных частиц и атомного ядра. 2019. Т. 16. № 3. С. 233–239.

*Mitrofanov I.G., Sanin A.B., Nikiforov S.Y.* et al. Cosmic Gamma-Ray Spectrometer with Tagged Charged Particles of Galactic Cosmic Rays Nuclear Instruments and Methods // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sect. A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2019. (In press.)

**Cosmic gamma-ray spectrometer with tagged charged particles (CGS-TCP) for studying the Moon, Mars and other celestial bodies of the Solar system by the nuclear physics methods**

*A.A. Ivanov1, V.N. Petrov2*

1. Space Research Institute of the RAS (IKI), Moscow, Russia

2. Joint Institute for Nuclear Research (JINR), Dubna, Russia

The new concept is proposed for cosmic gamma-ray spectrometer for studies of the element compositions of planetary soil, which also includes the detector for charged particles of galactic cosmic rays. This article presents first results for laboratory tests of a concept of space gamma-spectrometer at the Laboratory of Nuclear Problems of JINR. There are presented results of a significant increase in the sensitivity of the gamma-ray instrument for the main rock-forming elements of celestial bodies in case of selecting spectrometer signals according to the criterion of coincidence with protons, which cause secondary gamma radiation in a target as an analogue of planetary matter.

Keywords: Gamma rays, cosmic rays, nuclear lines, chemical composition of the planetary substance, planets, Moon, space research

Ivanov Artem Aleksandrovich — electronics specialist, PhD student, a.anikin@np.cosmos.ru

*Petrov Valery Nikolaevich*— deputy director, PhD